

FACTORES DETERMINANTES DE LA DINAMICA Y ACTIVIDAD  
FITOPLANCTONICA EN LA LAGUNA DE CHASCOMUS (PROV. DE BUENOS  
AIRES, R. ARGENTINA)

*FACTORS CONTROLLING THE PHYTOPLANKTON DYNAMICS AND  
ACTIVITY IN THE CHASCOMUS POND (PROV. BUENOS AIRES, R. ARGENTINA)*

M. Cristina Romero y Patricia M. Arenas\*

RESUMEN

En este trabajo se determinó la tasa de fotosíntesis por los métodos del  $^{14}\text{C}$  y  $\text{O}_2$ , tasa de excreción, respiración, conjuntamente con la densidad, índice de diversidad y dominancia de células del fitoplancton, concentración de clorofila-a y material particulado en suspensión. Todos estos parámetros fueron evaluados con el fin de comprender la dinámica y factores determinantes de la densidad y actividad de la taxocenosis fitoplanctónica. Asimismo se compararon las dos técnicas que estiman la producción primaria.

A pesar de las correcciones efectuadas a la fijación de  $^{14}\text{C}$ , los valores de producción obtenidos por el método del oxígeno disuelto fueron superiores, subestimando el  $^{14}\text{C}$ , en promedio, el 20% de la producción y siendo sus valores inferiores a la producción primaria neta, o intermedio entre la bruta y la neta.

La variación anual de la concentración de pigmentos, material particulado en suspensión y producción primaria, mostró un comportamiento semejante, sustentado por los coeficientes de correlación significativos entre estas tres variables. Por el contrario, la densidad fitoplanctónica no coincidió con los parámetros mencionados, con máximos desplazados temporalmente.

La morfometría de la laguna de Chascomús, de amplia superficie y escasa profundidad, conjuntamente con los vientos son los factores que condicionan la actividad y densidad del fitoplancton. La producción primaria, al igual que los pigmentos, se ven incrementados como adaptación a la disminución de la luz o media-sombra, generada por el abundante material particulado en suspensión.

La densidad fitoplanctónica fluctuó entre 1.112.000 y 222.000 cel.ml<sup>-1</sup>. Durante casi todo el período considerado prevalecieron las *Cyanophyta* como especies dominantes del fitoplancton. La suma de los porcentajes de especie dominante más subdominante en todos los casos, excepto en mayo de 1988, superó el 50% con respecto al total.

Los valores de diversidad específica sitúan a esta laguna entre aquellos cuerpos de agua de características meso-eutróficos.

**PALABRAS CLAVES:** Actividad fotosintética, dinámica fitoplanctónica, seston, vientos, circulación vertical, fotoadaptación.

ABSTRACT

The photosynthetic rate was determined both by carbon-fourteen and dissolved oxygen methods with the evaluation of excretion and respiration rates, for each techniques. Phytoplankton community structure (density, diversity index and dominance) as well as chlorophyll-a concentrations and suspended particulate matter were examined. All these parameters were evaluated to understand the factors that influence the phytoplanktonic activity and density.

The  $^{14}\text{C}$ -assimilation rates were corrected by the excretion values, anaplerotic  $^{14}\text{CO}_2$  uptake by heterotrophic bacteria and for adsorption on suspended material. Although these corrections, Steemann Nielsen's technique subestimated the primary production by Winkler's method in, an average, of 20%.

Chlorophyll-a concentrations, suspended particulate matter and primary production measurements had significantly correlated, among each other ( $P < 0,05$ ). In contrast, phytoplanktonic density did not show similar pattern.

A shallow pond of this type, generally less than 2 m depth, broad area, with frequent windy days which cause significant vertical movement, contains a large

\* Instituto de Botánica "C. Spegazzini". Museo de la Plata, Calle 53, N° 477, 1900 La Plata, República Argentina.

quantity of suspended particles, has high turbidity and significantly reduced light intensity. All this factors contribute to stimulated by shade-adaptation of the primary production and the chlorophyll-a cell content. The phytoplanktonic density fluctuated from 222.000 to 1.112.000 cel.ml<sup>-1</sup>. Cyanophyta were dominant during the studied period. The dominant plus the subdominants pecies exceeded the 50 % of the phytoplanktonic taxocenosis.

KEYWORDS: Photosynthetic activity, phytoplanktonic dynamics, seston, winds, vertical mixing, photoadaptation.

## INTRODUCCION

La medida de la densidad fitoplanctónica y de los grupos algales predominantes, al igual que los parámetros relativos a su actividad como la tasa de producción, excreción y respiración nos permiten conocer el comportamiento de dicha taxocenosis.

La producción primaria se estimó mediante las dos técnicas más aceptadas, fijación de dióxido de carbono y evolución de oxígeno. Este trabajo tuvo un doble objetivo, evaluar y comparar ambas metodologías, y elegir aquella que más se acerque a la real tasa de producción; como también analizar la dinámica fitoplanctónica.

La Laguna de Chascomús, ubicada a los 35° 36' S y 58° W, pertenece a la Cuenca del Río Salado, formando parte del sistema de las lagunas Encadenadas de la Pampa Deprimida. Posee una profundidad media de 1,53 m; una superficie de 30,1 km<sup>2</sup> y una longitud de línea de costa de 28.120 m. Detalles de su morfometría se dan en Dangavs (1976).

Esta laguna se halla afectada, en parte, por las actividades propias del centro urbano de la ciudad de Chascomús, por la actividad industrial, siendo el resto de la cuenca de drenaje de uso agrícologadero. Todas estas actividades, así como su uso recreacional, afectan la natural calidad de sus aguas.

La presencia de abundantes sustancias húmicas (Conzonno & Fernández Cirelli 1987; Conzonno & Fernández Cirelli 1988) le confieren al agua un característico color amarillento a pardo mientras que la escasa transparencia es debida a la abundante cantidad de material particulado en suspensión (Conzonno & Claverie 1990). En la Tabla I se dan valores de variables, químicas, físicas y biológicas extraídas de las publicaciones mencionadas.

## MATERIAL Y METODOS

Las muestras fueron extraídas mensualmente, desde abril de 1988 a mayo de 1989, de una estación central, libre de vegetación, de la Laguna de Chascomús, con botella tipo Van Dorn. Se muestreó el estrato eufótico en forma integrada.

La producción primaria se determinó en laboratorio por los métodos del <sup>14</sup>C (Stemann Nielsen 1952) y del O<sub>2</sub> disuelto (método de Winkler, modificación de Alsterberg).

Se realizaron incubaciones paralelamente, para ambas metodologías, en botellas de vidrio con tapa esmerilada, una blanca y otra oscura, en una cuba con circulación de agua, iluminada hasta saturación de luz (1000 µE·m<sup>-2</sup>·seg<sup>-1</sup>), durante 4 horas, aplicando las experiencias anteriormente realizadas por Conzonno & Claverie (1987/88). En las botellas iniciales de oxígeno disuelto se determinó la concentración original de O<sub>2</sub>; las de <sup>14</sup>C fueron fijadas con formol (4%) inmediatamente de agregada la muestra.

La botella inicial de <sup>14</sup>C permitió corregir la tasa de consumo por la actividad adsorbida a las partículas contenidas en la muestra. Esta corrección es importante en esta laguna por el abundante material particulado en suspensión. La botella oscura dio el consumo anaplerótico de dióxido por las bacterias heterotróficas, o sea, el <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> utilizado para resintetizar los metabolitos intermedios del Ciclo de Krebs. La actividad de la botella inicial y oscura fue sustraída de la actividad de las blancas, corrigiéndose la fijación de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> por los dos procesos mencionados. En botellas conteniendo 50 ml de muestra, se agregó 2 µCi de <sup>14</sup>CO<sub>3</sub>HNa.

Finalizada la incubación, el material se fijó y filtró por filtros de membrana de 0,45 m de diámetro de poro. La actividad así estimada dio la tasa de fijación de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>. El filtrado fue recogido en erlenmeyers, acidificándolo con HCl hasta pH 2-3 y agitado, para eliminar el exceso de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> quedando sólo el <sup>14</sup>C-orgánico excretado durante el período de incubación. Dicho material se almacenó durante una noche y luego 1 ml de filtrado fue agregado a 9 ml de líquido de centelleo (Bray's fluor), obteniéndose así la tasa de excreción algal. Su actividad, al igual que la retenida en el filtro, fue determinada en un contador de centelleo líquido. Las cpm de las muestras fueron convertidas en dpm, mediante la confección de una curva de eficiencia obtenida filtrando diferentes volúmenes de agua de la laguna.

Tabla I. Características físicas, químicas y valores de producción primaria de la Laguna de Chascomús

|   | X     | S    | % C.V. |
|---|-------|------|--------|
| pH  | 8.72  | 0.16 | 1.8    |
| Conductividad umho/cm (20° C)   | 756   | 43   | 5.7    |
| Sodio mg/l  | 154.9 | 16.8 | 10.8   |
| Potasio mg/l  | 12.1  | 0.3  | 2.5    |
| Calcio mg/l   | 22.2  | 4    | 18     |
| Magnesio mg/l   | 13.1  | 5.5  | 42     |
| C-CO <sub>3</sub> = mg/l  | 20.2  | 7.7  | 37.9   |
| C-CO <sub>3</sub> H - mg/l  | 264.2 | 24   | 9.1    |
| Cloruros mg/l   | 114.4 | 11.4 | 10     |
| Sulfatos mg/l   | 56.3  | 12.3 | 21.8   |
| N-NH <sub>4</sub> + µg/l  | 107   | 154  | 144    |
| N-NH <sub>3</sub> - µg/l  | 32    | 42   | 131    |
| N-NO <sub>2</sub> - µg/l  | 14    | 32   | 224.1  |
| P-PO <sub>4</sub> µg/l  | 5     | 4    | 88.2   |
| Fósforo total µg/l  | 259   | 118  | 45.4   |
| Oxígeno disuelto µg/l   | 9.4   | 1.3  | 13.8   |
| Seston mg/l   | 105.2 | 66   | 62.7   |
| Carbono orgánico particulado mg/l   | 7.9   | 2.6  | 32.9   |
| Clorofila µg/l  | 52    | 57   | 109.6  |
| Feopigmentos µg/l   | 25.8  | 16.5 | 63.9   |
| Producción primaria bruta mgO <sub>2</sub> . m <sup>-3</sup> .h <sup>-1</sup> | 728   | 273  | 37.5   |
| Si-SiO <sub>2</sub> mg/l  | 5.9   | 2.3  | 4.3    |

La eficiencia de la liberación de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> en exceso, se determinó mediante la incubación de concentraciones conocidas de <sup>14</sup>CO<sub>3</sub>HNa con agua destilada estéril, se procedió al igual que con las muestras de agua estimándose el porcentaje promedio de liberación de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> con la técnica empleada. Este fue del 83 %, quedando sólo el 17 % restante junto al <sup>14</sup>C-orgánico. En base a estos porcentajes se corrigió la tasa de excreción.

Aplicando el método de Winkler se obtuvo la producción primaria bruta sumando, a la evolución de O<sub>2</sub> de la botella clara, el consumo de O<sub>2</sub> de la oscura, suponiendo que la tasa de respiración era la misma en oscuridad que con luz. La conversión de los datos a carbono se realizó en base al cociente fotosintético 1,2 (Strickland & Parson 1960).

La concentración de clorofila-a se determinó aplicando la técnica propuesta por Lorenzen (1967). El material particulado en suspensión, seston, fue determinado pesando el residuo resultante de filtrar volúmenes adecuados (100 - 150 ml) de muestra, a través de filtros de fibra de vidrio, previamente calentados a 500°C.

Las muestras para los recuentos del fitoplancton fueron fijadas con solución de Lugol al 1%. Los mismos se efectuaron con microscopio invertido, siguiendo el método de Utermöhl (1958), considerando no menos de 100 células de los taxa más numerosos, tal como lo sugieren Lund *et al.* (1958). Se determinó, para cada muestra, el índice de diversidad de Shannon & Weaver, modificado por Lloyd *et al.* (1968).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla II se dan los resultados de las dos metodologías utilizadas en la determinación de la producción primaria fitoplanctónica, a fin de estimar los procesos que subestiman o sobreestiman la real tasa de producción.

Los valores obtenidos, tanto por <sup>14</sup>C como por O<sub>2</sub>, manifestaron sus máximos en octubre y febrero, y un valor menor, pero igualmente significativo en junio (Fig. 1). La producción primaria bruta máxima observada en febrero fue de 517.5 mg C · m<sup>-3</sup> · h<sup>-1</sup>, que coincidió con el pico de fotosíntesis

obtenido por  $^{14}\text{C}$  corregida por el valor de la tasa de excreción, de  $461,5 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . El resultado registrado con este último método en esta fecha, subestimó el valor en un 13% con respecto al obtenido por la técnica del oxígeno. La producción primaria neta fue de  $391,0 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ .

En octubre la tasa fue de  $402,5$  para el método del oxígeno disuelto y de  $374,1 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  para la fijación de carbono, observándose una mayor discrepancia entre los resultados, con una subestimación del 25% por parte del método del  $^{14}\text{C}$ . La producción neta fue tan sólo de  $138,1 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ , representando la respiración el 65,7% de la producción bruta.

En la Laguna Barranqueras, Caro (1983), halló discrepancias entre las dos metodologías del 20% y 57%, con tasas de producción semejantes a las de la Laguna de Chascomús. Romero & Arenas (1989) dan para esta laguna un valor promedio anual del porcentaje que estima el  $^{14}\text{C}$  de 70% y 79%, sin y con corrección por la tasa de excreción, respectivamente. En este trabajo, nuestro valor promedio de dicho porcentaje fue del 80%. El período en el que mayor diferencia se obtuvo fue el invernal (57%), de acuerdo con las menores tasas de producción, las mayores tasas de excreción y la mayor cantidad de material particulado en suspensión, concomitantemente con blancos inorgánicos elevados.

Los factores que hacen que la fijación de  $^{14}\text{C}$  subestime la producción primaria del fitoplancton son la fotorrespiración, la reasimilación del  $\text{CO}_2$  respirado, la tasa de excreción de C orgánico y el consumo anaplerótico de dióxido de carbono por las bacterias heterotróficas (Stemann Nielsen 1955; Mc. Allister *et al.* 1964; Foot 1972; Peterson 1980; Margalef 1983). A estos factores deben agregarse, a su vez, aspectos estrictamente metodológicos, como la longitud del período de incubación e intensidad de luz recibida (Vollenweider & Nauwerk 1961; Andersen & Sand-Jensen 1980).

En nuestro caso, a pesar de las correcciones efectuadas a la fijación de carbono por incorporación anaplerótica de  $\text{CO}_2$  en oscuridad y tasa de excreción, la evolución del oxígeno dio valores superiores. En la Fig. 1 se presentan las variaciones estacionales de la producción por  $^{14}\text{C}$ , corregida y sin corregir por la tasa de excreción, observándose que su valor es inferior a la neta o intermedio entre la bruta y la neta.

El valor promedio de producción por oxígeno, durante el período de primavera-verano, fue de  $377,5 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ , mientras que durante el

de otoño-invierno, disminuyó a  $181,5 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Cabe destacar que el máximo de junio ( $334,9 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ ), al igual que el de octubre ( $402,5 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ ), no fue acompañado por la tasa de producción neta. La disminución invernal de dicha tasa fue del 69% y 78% para el oxígeno y el carbono, respectivamente.

En la Tabla III se comparan los valores extremos y promedios de producción primaria, obtenidos aplicando metodologías semejantes, en la Laguna de Chascomús, con los de otros autores. Asimismo, una comparación semejante se presenta en la misma Tabla, pero entre el limnótopo aquí en cuestión y otros cuerpos de agua con caracteres limnológicos comparables a los de esta laguna.

En este estudio, la tasa máxima de producción primaria observada es de igual orden que la determinada en los trabajos arriba mencionados, exceptuando la estimada por Conzonno & Claverie (1987/88). En tanto, nuestro valor invernal de  $28,5 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  es semejante al observado por dichos autores ( $24,3 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ ). En años anteriores la Laguna de Chascomús se vio afectada, durante la primavera, por intensas lluvias que produjeron un importante aumento del nivel del agua y consecuentemente su dilución, fenómeno que no se observó en esta oportunidad. Esta relación entre el nivel hidrométrico y la producción del fitoplancton ya fue destacada por Caro *et al.* (1979), Bonetto *et al.* (1979) y Bonetto *et al.* (1982).

La tasa de excreción de materia orgánica fitoplanctónica con relación al carbono orgánico asimilado, en igual período, es dependiente de la intensidad de luz, especies fitoplanctónicas dominantes, edad de las células, concentración de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  (Fogg 1966; Caro & Caro 1982). Dicha excreción, presentó una distribución estacional semejante a la de la tasa de fotosíntesis, siendo sus máximos de junio y octubre ( $57,7$  y  $72,2 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ ) coincidentes con los de la producción. En términos de porcentaje, no ocurrió lo mismo en verano, época en la que se verificó una disminución de la excreción siendo en promedio del 4,4% del carbono fijado en la fotosíntesis, mientras que en invierno fluctuó entre 10,2% y 23,2%. Fogg (1965) y Fogg & Watt (1965) dieron resultados del 7%-50% de excreción respecto al carbono fijado fotosintéticamente, destacando que valores superiores o del orden del 20% se hallaron en reservorios eutróficos como Windermere, con un 35%.

En cuanto a los pigmentos fotosintéticos, los valores de clorofila-a fluctuaron entre 18,5 (mayo

TABLA II. Resultados obtenidos durante el período de estudio.

| VARIABLES                                | abr.<br>1988 | may.  | jun.  | jul.  | sep.  | oct.   | nov.  | dic.  | ene.<br>1989 | feb.  | mar.  | may. |
|--|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------------|-------|-------|------|
| PPB                                      |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| mg C · m <sup>-3</sup> · h <sup>-1</sup> | 204.1        | 182.1 | 334.9 | 161.1 | 178.3 | 402.5  | 270.3 | 276.0 | 277.9        | 517.5 | 280.5 | 28.5 |
| PPN                                      |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| mg C · m <sup>-3</sup> · h <sup>-1</sup> | 157.5        | 164.5 | 193.9 | 146.9 | 132.3 | 138.1  | 258.8 | 103.5 | 243.4        | 391.0 | 133.9 | 28.5 |
| Respiración.                             |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| mg C · m <sup>-3</sup> · h <sup>-1</sup> | 45.0         | 17.6  | 141.0 | 14.1  | 46.0  | 264.4  | 115.0 | 172.5 | 34.5         | 126.5 | 146.6 |      |
| Excreción.                               |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| mg C · m <sup>-3</sup> · h <sup>-1</sup> | 19.3         | 23.7  | 57.7  | 21.4  | 29.1  | 72.2   | 21.6  | 10.6  | 7.6          | 14.9  | 9.7   | 3.2  |
| %  | 10.2         | 12.3  | 23.2  | 17.4  | 18.5  | 19.3   | 8.5   | 3.8   | 2.7          | 3.2   | 3.9   | 10.2 |
| Asim. + exer.                            |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| mg C · m <sup>-3</sup> · h <sup>-1</sup> | 188.7        | 193.0 | 248.6 | 122.9 | 157.5 | 374.1  | 254.1 | 278.3 | 279.9        | 461.5 | 248.1 | 31.4 |
| Clorofila-a                              |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| ug. l <sup>-1</sup>                      | 18.6         | 37.2  | 34.6  | 33.7  | 22.6  | 204.6  | 38.6  | 32.5  | 25.5         | 68.7  | 31.9  | 18.5 |
| Num. de Asim.                            |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| mg C. mg clor-1 · h <sup>-1</sup>        | 10.1         | 5.2   | 7.2   | 3.6   | 6.9   | 1.8    | 6.6   | 8.6   | 10.3         | 6.8   | 7.8   | 1.7  |
| Fitoplancton total                       |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| cel. ml <sup>-1</sup> x 1000             | 493          | 470   | 358   | 230   | 643   | 345    | 357   | 222   | 1112         | 610   | 302   | 776  |
| Seston                                   |              |       |       |       |       |        |       |       |              |       |       |      |
| mg. l <sup>-1</sup>                      | 62.0         | 72.3  | 84.5  | 117.5 | 166.5 | 1020.0 | 180.5 | 79.5  | 39.0         | 156.0 | 26.8  |      |

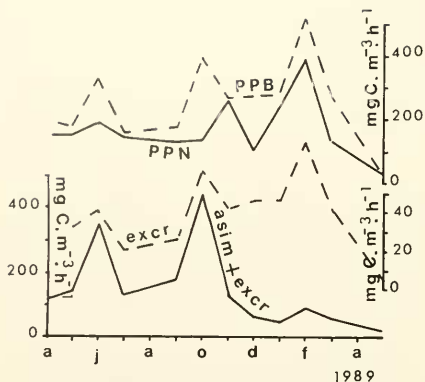


FIG. 1. Variación estacional de la producción primaria neta, bruta, fijación de  $^{14}\text{C}$  y la tasa de excreción ( $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ )

de 1989) y  $204.6 \mu\text{g clor} \cdot \text{l}^{-1}$  (octubre de 1988), con un promedio de  $47.2 \mu\text{g clor} \cdot \text{l}^{-1}$ . También en este caso, Conzonno & Claverie (1987/88) hallaron concentraciones significativamente menores ( $1.8 - 51.8 \mu\text{g clor} \cdot \text{l}^{-1}$ ) con una variación estacional diferente, atribuyendo este hecho al aumento de nivel hidrométrico, por efecto de las lluvias.

El número de asimilación osciló entre 1,7 y  $10,3 \text{ mg C} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ clor} \cdot \text{h}^{-1}$ . Valores elevados de eficiencia fotosintética, abril de 1988 y enero de 1989,

TABLA III: Comparación de los resultados del presente estudio con los obtenidos por otros autores.

| autores   | $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ |          |
|---|---|----------|
|   | rango   | promedio |
| Conzonno & Fernandez C. (1987)<br>Laguna de Chascomús |   | 261.8    |
| Conzonno and Claverie (1987)<br>Laguna de Chascomús   | 194.8-24.3  | 109.6    |
| Romero y Arenas (1989)<br>Laguna de Chascomús         | 619.5-168.9   | 320.1    |
| Caro <i>et al.</i> (1979)<br>Laguna González          |   | 691.7    |
| Caro (1983)<br>Laguna Barranqueras                    | 458.9-257.8   |          |
| Presente estudio<br>Laguna de Chascomús               | 517.5-28.5  | 259.5    |

se observaron conjuntamente con valores intermedios de fotosíntesis y pigmentos.

Analizando la concentración de pigmentos, tasa de producción y densidad fitoplanctónica (Fig. 2), se verifica un comportamiento particular, con máximos de clorofila-a y producción no coincidentes con los de densidad. Estos últimos presentaron un claro desplazamiento temporal, con mayor número de células en los muestreos correspondientes a septiembre de 1988, enero y mayo de 1989; concomitantemente con valores de pigmentos y actividad bajos. Caro (1982), al igual que lo observado en este estudio, halló en la laguna de Los Pájaros máximos de producción primaria no coincidentes con los de densidad fitoplanctónica. Sin embargo, en Caro *et al.* (1979) y en Bonetto *et al.* (1979) se destacan la concordancia temporal entre ambos parámetros. Conzonno & Claverie (1990) sostiene que en Chascomús los fenómenos hidrológicos y el material particulado en suspensión son los principales responsables de las variaciones de la producción primaria.

El material particulado en suspensión fluctuó entre  $26,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (marzo de 1989) y  $1020,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (octubre de 1988), siendo en promedio de  $182,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Estos valores de seston condicionan la lectura del disco de Secchi a un promedio de 19,2 cm y del coeficiente de extinción de la luz a un rango de fluctuación de 1,8 -  $11,0 \text{ m}^{-1}$  (Romero & Conzonno, en prensa). La influencia del material particulado como factor determinante de las variables químicas y biológicas, para esta laguna, fue destacada previamente (Conzonno & Claverie 87/88 y Romero & Conzonno, en prensa). El régimen diario del viento y la amplia superficie de esta laguna respecto a su profundidad media ( $1,53 \text{ m}$ ), determinaron una importante mezcla vertical durante todo el período de estudio, no detectando fases o períodos de estratificación.

Los cambios en el régimen de la luz por circulación de la columna de agua y existencia de abundante seston, afecta la productividad de las células fitoplanctónicas, aumentando respecto a la observada en comunidades sometidas a condiciones más estables (Walsh & Legendre 1983, Marra 1978 y Gallegos & Platt 1982).

Mallin & Pearl (1992) consideran incrementos de la producción primaria del orden de entre un 4,1% y un 36,0% (promedio 15%) en ecosistemas turbulentos.

En lo que respecta a la concentración de clorofila-a, Harris (1980), Lewis *et al.* (1984), Harding



et al. (1983) postulan que la elevada cantidad de material particulado tiene como adaptación el incremento del contenido de pigmentos, siendo ésta la respuesta a la media sombra o fotoaclimatación. Mallin & Pearl (1992) hallaron concentraciones de fotopigmentos superiores al 14,3% en lagunas con circulación vertical.

En la Tabla IV se presentan los valores de los coeficientes de correlación simple, calculados entre el seston, concentración de clorofila-a, producción primaria y densidad fitoplanctónica. Los resultados son significativos entre las tres primeras variables (Fig. 2), hecho que corrobora la adaptación al régimen de turbulencia y consecuentemente, de intensidad de luz variable, no sólo de la clorofila-a sino también de la actividad fitoplanctónica. Por el contrario, los índices de correlación entre la densidad fitoplanctónica y las demás variables son no-significativos, evidenciando la desviación temporal de los máximos de densidad celular.

La dinámica de la taxocenosis fitoplanctónica, a lo largo de todo el período considerado, estuvo dominada prácticamente por dos especies de Cyanophyta: *Gloeocapsa punctata* Näg. y *Lyngbya* sp. Ocasionalmente fueron reemplazadas por la diatomea *Fragilaria* aff. *construens* (Ehr.) Grun. o por otra Cyanophyta *Merismopedia tenuissima* Lemm.

La densidad del fitoplancton osciló entre 1.112.000 y 222.000 cel.ml<sup>-1</sup> en el período considerado (Tabla V). El máximo se produjo en enero

de 1989. Otros valores elevados tuvieron lugar en septiembre de 1988, con 643.000 cel · ml<sup>-1</sup> y en febrero y mayo de 1989 con 610.000 y 776.000 cel · ml<sup>-1</sup>, respectivamente.

Los mínimos registrados corresponden a julio de 1988 con 229.000 cel · ml<sup>-1</sup> y a diciembre del mismo año, con 222.000 cel · ml<sup>-1</sup>.

El máximo valor de densidad hallado en enero de 1989 estuvo dado en un 55,2% por *Lyngbya* sp. Esta misma especie en febrero de 1989 aportó un 46,0% de dominancia con respecto al total.

En septiembre de 1988, la dominante fue *Gloeocapsa punctata* con una representatividad del 74,0%, al igual que en mayo de 1989, en donde aportó un 64,1% del total de la taxocenosis.

Durante julio y diciembre de 1988, meses en los que se registraron los valores más bajos de densidad, la dominante también fue *Gloeocapsa punctata*, con un aporte del 56,0% y 40,4%, respectivamente (Fig. 3).

En junio de 1988 la especie dominante fue *Merismopedia tenuissima* con 141.600 cel.ml<sup>-1</sup>. (39,4% del total).

En todos los casos, la sumatoria de los porcentajes de la especie dominante más la sub-dominante fue superior al 50%, excepto en mayo de 1988, en donde estuvo próxima a ello, 48,4% (Fig. 4). Conzonno & Claverie (1990) para la Laguna de Chascomús, confirmaron la prevalencia de las Cyanophyta con un valor promedio de 448.000 cel. ml<sup>-1</sup>, lo que representó el 87%, seguido en orden de importancia numérica por las Chlorophyta (10%) y las Chrysophyta (2,5%).

El índice de diversidad osciló entre 3,28 y 1,59 bits. cel<sup>-1</sup>, hallándose los valores más frecuentes entre 1,50 y 2,50 bits.cel<sup>-1</sup>. Según la clasificación dada por Margalef (1977) los valores registrados indicarían que se trata de un cuerpo de agua con características de meso-eutrófico.

Tabla IV: Matriz de correlación simple. (\*\*\*)P < 0.001; \*\*P < 0.01; \*P < 0.05; ° no significativa).

|        | Clor-a | Seston  | Fitoplancton |
|--------|--------|---------|--------------|
| PPB    | 0.67** | 0.58*   | 0.1°         |
| Clor-a |        | 0.97*** | -0.17°       |
| Seston |        |         | -0.7°        |

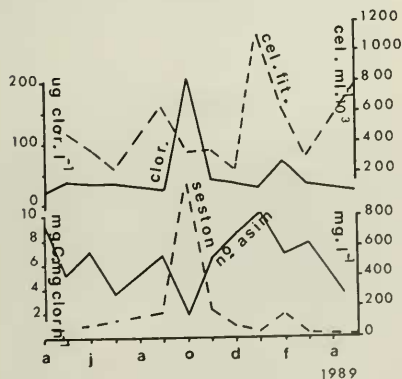


FIG. 2. Variación estacional de la concentración de clorofila-a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ), densidad fitoplanctónica ( $\text{cel} \cdot \text{ml}^{-1} \times 1000$ ) y número de asimilación ( $\text{mg C} \cdot \text{mg clor. h}^{-1}$ ).

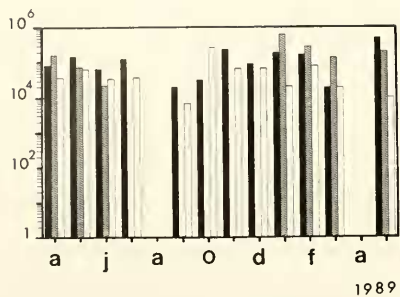


FIG. 3. Densidad (cel. ml<sup>-1</sup>) de *Gloeocapsa punctata* ■, *Lyngbya sp.* ▨ y *Fragillaria aff. construens* □.

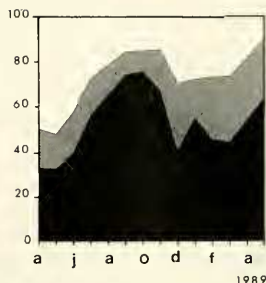


FIG. 4. Variación porcentual de la especie dominante ■, subdominante ▨ y total de especies □.

### CONCLUSIONES

De las dos metodologías aplicadas en la estimación de la producción primaria, fijación de <sup>14</sup>C y consumo de oxígeno, la primera de ellas subestimó la producción en un 20% pese a las correcciones efectuadas por consumo anaplerótico, adsorción al material particulado y tasa de excreción durante el período de incubación, fluctuando entre los valores de la producción primaria bruta y neta, o por debajo de la neta.

Dadas las complicaciones inherentes al empleo de la técnica con radioisótopos, en cuerpos de agua con elevada productividad, en donde se detectan variaciones significativas por el método de Winkler, la fijación de <sup>14</sup>C no es aconsejable.

El ingreso de energía externa por movimiento del agua es uno de los factores más importante en el control de la dinámica de las comunidades planctónicas, particularmente en cuerpos someros como es el caso de esta laguna, donde el viento es la principal fuente de energía, produciendo recirculación vertical casi permanente. La correlación significativa obtenida entre el seston, concentración de clorofila-a y producción primaria se debería a la circulación, al concomitante incremento

del material particulado en suspensión y cambios en el régimen de luz, que afectan al fitoplancton, estimulando su productividad y síntesis de pigmentos, como respuesta a la disminución de luz o media-sombra.

La densidad fitoplanctónica tuvo coeficientes de correlación no significativos con las otras tres variables ya mencionadas y sus máximos valores estuvieron desplazados temporalmente.

Dicha taxocenosis estuvo prácticamente representada por taxa pertenecientes a las Cyanophyta. En todos los casos, excepto en mayo de 1988, la sumatoria de los porcentajes de la especie dominante más la subdominante fue superior al 50%, con respecto a la densidad total.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Lic. Víctor H. Conzonno por las determinaciones de clorofila-a y seston; al Dr. Ricardo O. Echenique por la lectura crítica del manuscrito y al Téc. Qco. Jorge L. Donadelli por su colaboración en la preparación de figuras y tablas.



TABLA V: Especies fitoplanctónicas dominantes y subdominantes, densidad e índice de diversidad.

| Fitoplancton total |                       |      |                            |
|--------------------|-----------------------|------|----------------------------|
| Fecha              | Densidad<br>cel. ml-1 | ID   | % sp dte. +<br>% sp sbdte. |
| Abr. '88           | 492600                | 3.28 | 50.6                       |
| May.               | 470400                | 3.28 | 48.4                       |
| Jun.               | 359400                | 3.24 | 58.3                       |
| Jul.               | 229500                | 2.32 | 72.1                       |
| Sep.               | 643000                | 1.69 | 84.1                       |
| Oct.               | 345000                | 1.59 | 84.5                       |
| Nov.               | 357000                | 1.69 | 85.0                       |
| Dic.               | 222500                | 2.62 | 70.1                       |
| Ene. '89           | 1112500               | 2.10 | 72.0                       |
| Feb.               | 610500                | 2.30 | 73.0                       |
| Mar.               | 302500                | 2.49 | 73.4                       |
| May.               | 776000                | 1.65 | 89.9                       |

| Especie dominante |   | Densidad<br>cel. ml-1 | %    |
|-------------------|---|-----------------------|------|
| Abr. '88          | <i>Lyngbya</i> sp.                        | 162900                | 33.1 |
| May.              | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 154800                | 33.0 |
| Jun.              | <i>Merismopedia tenuissima</i>            | 141600                | 39.4 |
| Jul.              | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 128500                | 56.0 |
| Sep.              | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 474500                | 74.0 |
| Oct.              | <i>Fragillaria</i> aff. <i>construens</i> | 259500                | 75.2 |
| Nov.              | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 239000                | 67.0 |
| Dic.              | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 90000                 | 40.4 |
| Ene. '89          | <i>Lyngbya</i> sp.                        | 614000                | 55.2 |
| Feb.              | <i>Lyngbya</i> sp.                        | 278500                | 46.0 |
| Mar.              | <i>Lyngbya</i> sp.                        | 134250                | 44.4 |
| May.              | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 497500                | 64.1 |

| Especie subdominante |   | Densidad<br>cel. ml-1 | %    |
|----------------------|---|-----------------------|------|
| Abr. '88             | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 86400                 | 17.5 |
| May.                 | <i>Lyngbya</i> sp.                        | 72900                 | 15.5 |
| Jun.                 | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 67800                 | 18.9 |
| Jul.                 | <i>Fragillaria</i> aff. <i>construens</i> | 37000                 | 16.1 |
| Sep.                 | <i>Fragillaria</i> aff. <i>construens</i> | 6600                  | 10.3 |
| Oct.                 | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 32000                 | 9.3  |
| Nov.                 | <i>Fragillaria</i> aff. <i>construens</i> | 64500                 | 18.1 |
| Dic.                 | <i>Fragillaria</i> aff. <i>construens</i> | 66000                 | 29.7 |
| Ene. '89             | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 186000                | 16.7 |
| Feb.                 | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 167000                | 27.4 |
| Mar.                 | <i>Gloeocapsa punctata</i>                | 87750                 | 29.0 |
| May.                 | <i>Lyngbya</i> sp.                        | 200000                | 25.8 |

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSEN, J.M. & K. SAND-JENSEN. 1980. Discrepancies between the O<sub>2</sub> and <sup>14</sup>C methods for measuring phytoplankton gross photosynthesis at low light levels. *Oikos* 35: 359-364.
- BONETTO, C.A., Y. ZALOCAR; P.M. CARO Y E.R. VALLEJOS. 1979. Producción primaria del fitoplancton del Río Paraná en el área de su confluencia con el Río Paraguay. *Ecosur* 6(12): 207-227.
- BONETTO, A.A., Y. Z. DE DOMITROVIC Y E.R. VALLEJOS. 1982. Contribución al conocimiento del fitoplancton del Paraná Medio. *Ecosur* 9(18): 189-212.
- CARO, P.M. 1982. Productividad primaria del fitoplancton en un ambiente lenítico del Valle de inundación del Río Paraná: Laguna "De Los Pájaros", Isla "El Pelón", Corrientes, Rep. Argentina. *Hist. Nat.* 2(23): 201-210.
- \_\_\_\_\_. 1983. Producción primaria del fitoplancton de la laguna Barranqueras, Prov. del Chaco, Rep. Argentina. *Hist. Nat.* 3(12): 125-134.
- CARO, P.M., C.A. BONETTO Y Y. ZALOCAR. 1979. Producción primaria del fitoplancton de lagunas del Noroeste de la Prov. de Corrientes. *Ecosur* 6(11): 83-100.
- CARO, P.M. Y J.A. CARO. 1982. Liberación de materia orgánica marcada durante las determinaciones de productividad primaria del fitoplancton por el método del <sup>14</sup>C. *Hist. Nat.* 2(11): 73-90.
- CONZONNO, V.H. & E.F. CLAVERIE. 1987/88. Phytoplankton primary production in Chascomús Pond (Prov. de Buenos Aires, Argentina). *Ecosur* 14/15(25/26): 7-16.
- \_\_\_\_\_. 1990. Chemical characteristics of the water of Chascomús Pond (Prov. de Buenos Aires, Argentina). *Limnological implications. Rev. Brasil. Biol.* 50(1): 15-21.
- CONZONNO, V.H. & A. FERNANDEZ CIRELLI. 1987. Soluble humic substances from the affluents of Chascomús Pond (Argentina). *Arch. Hydrobiol.* 109: 305-314.
- \_\_\_\_\_. 1988. Soluble humic substances from Chascomús Pond (Argentina). Factors influencing distribution and dynamics. *Arch. Hydrobiol.* 11: 467-473.
- DANGAVS, N.V. 1976. Descripción sistemática de los parámetros morfométricos considerados en las lagunas pampásicas. *Limnobiología* 1(2): 35-59.
- FOGG, G.E. 1965. Algal cultures and phytoplankton ecology. Univ. of Wisconsin Press, Ahtlone Press of the Univ. of London. 126 p.
- \_\_\_\_\_. 1966. The extracellular products of algae. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 4: 195-212.
- FOGG, G.E. & W.D. WATT. 1965. The kinetics of release of extracellular products of photosynthesis by phytoplankton. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 18 (Suppl.): 165-174.
- FOOT, J. 1972. Observations on primary production of phytoplankton in two fish ponds. *In: KAYAK, Z., C.L. HILL BRICHT-ILKOWSKA, A. (ed.). Productivity problems of freshwaters. Proc. of the IBP-UNESCO Symposium on productivity problems of freshwaters. Warszawa: 673-683.*
- GALLEGOS, & T. PLATT. 1982. Phytoplankton production and water motion in surface mixed layers. *Deep. Sea Res.* 29: 65-76.
- HARDING, L.W., W. MEESON & M.A. TYLER. 1983. Photoadaptation and diel periodicity of photosynthesis in the dinoflagellate *Prorocentrum marie-lebouriae*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 13: 73-85.
- HARRIS, G.P. 1980. The relationship between chlorophyll-a fluorescence, diffuse attenuation changes and photosynthesis in natural phytoplankton populations. *J. Plankton Res.* 2: 109-127.
- LEWIS, M.R., J.J. CULLEN & T. PLATT. 1984. Relationships between vertical mixing and photoadaptation of phytoplankton: Similarity criteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 15: 141-149.
- LORENZEN, C.J. 1967. Determination of chlorophyll-a and phaeopigments spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343-346.
- LUND, J.W.G., C. KIPLING & E.D. LE CREN. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiol.* 11(92): 143-170.
- LLOYD, M., J.H. ZAR & J.R. KARR. 1968. On the calculations of information theoretical measures of diversity. *Am. Mid. Nat.* 79(2): 257-272.
- MALLIN, M.A. & H.W. PAERL. 1992. Effects of variable irradiance on phytoplankton productivity in shallow estuaries. *Limnol. Oceanogr.* 37(1): 54-62.
- MARGALEF, R. 1977. *Ecología*. Ed. Omega. Barcelona.
- \_\_\_\_\_. 1983. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona. 1023 p.
- MARRA, J. 1978. Phytoplankton photosynthetic response to vertical movement in a mixed layer. *Mar. Biol.* 46: 203-208.
- MC ALLISTER, C.D., N. SHAN & J.D.H. STRICKLAND. 1964. Marine phytoplankton photosynthesis as a function of light intensity: a comparison of methods. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 21: 159-181.
- PETERSON, B.J. 1980. Aquatic primary productivity and <sup>14</sup>C-CO<sub>2</sub> method: a history of the productivity problem. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 359-385.
- ROMERO, M.C. Y P.M. ARENAS. 1989. Producción primaria del fitoplancton de la Laguna de Chascomús

- (Prov. B. A., Argentina). Evaluación crítica de los valores de fotosíntesis obtenidos por los métodos del oxígeno disuelto y  $^{14}\text{C}$ . *Rev. Brasil. Biol.* 49(1): 303-308.
- ROMERO, M.C. Y V.H. CONZONNO. Atenuación de la luz en la columna de agua. Sus factores determinantes e implicancias limnológicas en la laguna de Chascomús (Prov. de B. A., Argentina). *Rev. Brasil. Biol.* (en prensa).
- STEEMANN NIELSEN, E. 1952. The use of radioactive  $^{14}\text{C}$  for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 18: 117-140.
- . 1955. The interaction of photosynthesis and respiration and its importance for the determination of  $^{14}\text{C}$  discrimination in photosynthesis. *Physiol. Plant* 8: 945-953.
- STRICKLAND, J.D.H. & T.R. PARSONS. 1960. A manual of sea water analysis. Fish. Res. Bd. Can. Ottawa.
- ÜTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitative Phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9: 1-38.
- VOLLENWEIDER, R.A. & A. NAUWERK. 1961. Some observations on the carbon 14 methods for measuring primary production. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14: 134-139.
- WALSH, P. & L. LEGENDRE. 1983. Photosynthesis of natural phytoplankton under high frequency light fluctuations simulating those induced by sea surface waves. *Limnol. Oceanogr.* 28: 688-697.